

# தசைச் சுருக்கம் (Muscle Contraction)

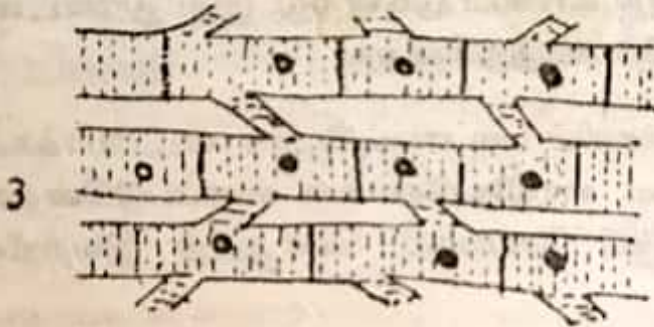
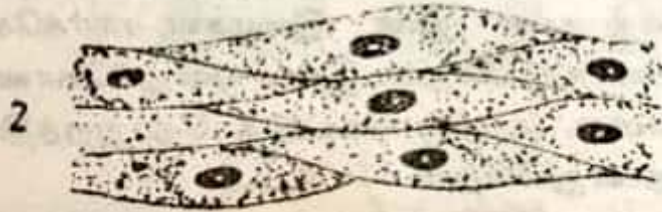
உயர்ந்த உயிரினங்களில், இடப் பெயர்ச்சி, மற்றும் உடல் உறுப்புக்களை அசைத்தல் ஆகிய செயல்கள் அவற்றின் தசைகள் சுருங்கி விரிவதால் நடைபெறுகின்றன. மேலும் தசைகள், வேதிய சக்தியை இயந்திரச் சக்தியாக மாற்றும் திறனுடையவைகளாய் இருக்கின்றன.

தசைகளின் வகைபாடு

1. வரித்தசைகள் - இவை பல உட்கருக்கள் கொண்ட தசைச் செல்களாலானவை. இவை எலும்பு மண்டலத்தோடு இணைக்கப்பட்டுள்ளன. இவற்றின் சுருங்கும் செயல் மத்திய நரம்பு மண்டலத்தால் கட்டுப்படுத்தப்படுவதால் இவை இயக்கு தசை எனப்படுகின்றன. இவற்றில் வரிகள் காணப்படுவதால் வரி தசைகள் என்றும் எலும்புகளோடு இணைக்கப்பட்டிருப்பதால் எலும்புத் தசைகள் என்றும் அழைக்கப்படுகின்றன.
2. வரியற்ற தசைகள் - இவை சீரண, சுவாச, குருதி, இனப் பெருக்க, கழிவு நீக்க மண்டலங்களில் அமைந்திருக்கின்றன. இவற்றைத் தானியங்கு நரம்பு மண்டலம் கட்டுப்படுத்துவதால் இவை இயங்கு தசை எனப்படுகின்றன.
3. இதயத் தசைகள் - இவை இதயத்தின் சுவரில் இருக்கின்றன. இவை நீள்வச, குறுக்கு வச வரிகளையும் கிளைகளையும் கொண்ட தசைச் செல்களால் ஆனவை.

### வரித்தசையின் அமைப்பு

எலும்போடு இணைந்த வரித்தசைகள் பல உட்கருக்கள் கொண்ட, 10 முதல் 100  $\mu\text{m}$  விட்டமும் பல சென்ட்ரிமீட்டர்கள் நீளமும் கொண்ட உருளையான நார் வடிவம் கொண்ட செல்களால் ஆனவை. இவை கரு வளர்ச்சியின் போது பல மையோபிளாஸ்ட்கள் இணைந்து தோன்றுகின்றன. முழு இழையும் ஒரு மின்சக்தியால் முனைப்படுத்தப்பட்ட படலத்தால் சூழப்பட்டுள்ளது. இதன் மின் திறன் 0.1 வோல்ட்டாக இருக்கின்றது. இப்படலத்தின் உப்புறம் எதிர் மின்திறன் கொண்டும், வெளிப்புறம் நேர் மின்திறன் கொண்டும் இருக்கின்றன. இப்படலம் சார்கோலெம்மா எனப்படுகின்றது.



படம் - 91 - தசைகளின் வகைகள்

1. வரித்தசை அல்லது எலும்புத் தசை
2. வரியற்ற தசை
3. இதயத் தசை

தசைச் செல், நார் போல் நீண்டு இருப்பதால் தசைநார் எனப்படுகின்றது.

ஒரு வரித் தசையில், பல தசை நார்கள் இணையாக அமைந்துள்ளன. இணையாக அமைந்துள்ள இத்தசை நார்கள் இணைப்புத் திசுவினால் சுட்டுக்களாகச் சேர்க்கப்பட்டுள்ளன. இக் சுட்டுக்கள் ஃபாசிகுலைகள் எனப்படுகின்றன. ஒவ்வொரு தசையிலும் பாசிகுலைகள் ஒரு திட்டமான அமைப்பில், அமைந்திருக்கின்றன.

தசைச் செல்லினுள் சிறப்படையாத சார்க்கோபிளாசம் என்னும் செல்லுட் திரவம் இருக்கின்றது. சார்க்கோபிளாசத்தினுள், கிளைக்கோஜன், உயர்ந்த சக்தி கொண்ட சுட்டுப் பொருட்களான ATP மற்றும் பாஸ்போகிரியாட்டின், கிளைகாலிஸிஸ் நடைபெறத் தேவையான நொதிகள் ஆகியவை இருக்கின்றன.

தசைச் செல்லினுள் உள்ள எல்லா உட்கருக்களும் சார்க்கோ பிளாசத்தின் ஓரப்பகுதியில் அமைந்திருக்கின்றன. தசைச் செல் அல்லது தசை நாரின் உட்புறத்தில் மயோ இழைகள் (myofibrils) அல்லது தசை நுண் இழைகள், சார்க்கோபிளாசத்தில் புதைந்து காணப்படுகின்றன. இவை ஒன்றுக்கொன்று இணையாக அமைந்துள்ளன. குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றத்தில் புள்ளிகளைப் போல் தோன்றுகின்றன.

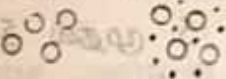
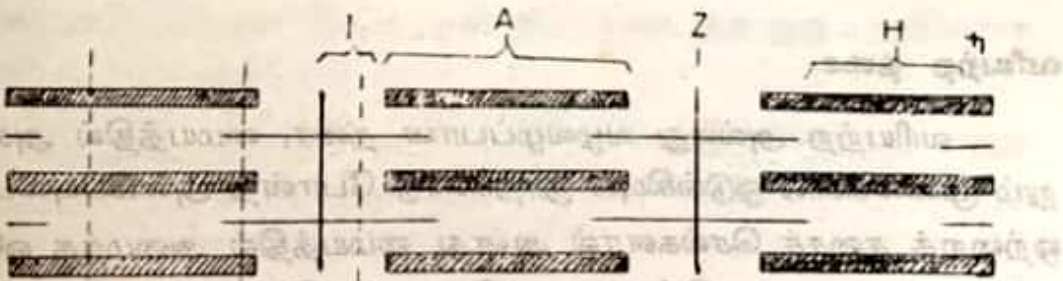
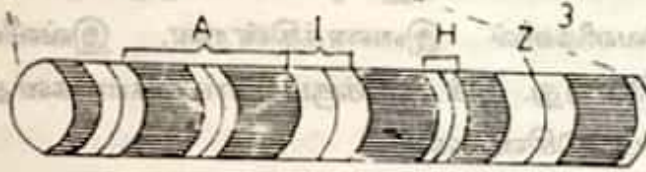
சார்க்கோபிளாசத்தில் சார்க்கோபிளாச வலை எனப்படும் சிறப்படைந்த பகுதி காணப்படுகின்றது. இது தூண்டலைத் தசை நாரின் உட்புறத்தில் கடத்துகின்றது.

தசைச் செல்களில் பல மைட்டோகாண்ட்ரியாக்கள் காணப்படுகின்றன. இவை சார்க்கோசோம்கள் எனப்படுகின்றன. தசைச் செல்களின் சுருங்கும் செயலைப் பொறுத்து இவற்றின் அளவு வேறுபடுகின்றது.

தசை நுண் இழை அல்லது மயோ இழையின் அமைப்பு

ஒவ்வொரு மயோ இழையும், ஒன்றையடுத்து ஒன்றாக அமைந்துள்ள கருத்த மற்றும் வெளிறிய பட்டைகளைக் கொண்டிருக்கின்றன. கருத்த பட்டை, A - பட்டை அல்லது மாறுபட்ட தன்மையுடைய அல்லது ஆன்ஐசோட் ரோயிக் பட்டை எனப்படு

கின்றது. வெளிறிய பட்டை, I - பட்டை அல்லது ஒத்த தன்மையுடைய அல்லது ஐசோட்ரோபிக் பட்டை எனப்படுகின்றது. ஒவ்வொரு I -பட்டையும், Z - கோடு எனப்படும் ஒரு ஒடுங்கிய கருமையான கோட்டினால் இரண்டாகப் பிரிக்கப்படுகின்றன. இரு Z - கோடுகளுக்கு இடைப்பட்ட மயோ இழைப் பகுதி ஒரு சார்க்கோமியர் எனப்படுகின்றது.



படம் - 92 - ஒரு எலும்புத் தசையின் அமைப்பு

1. தசைநாரர்களின் கற்றை
2. தசை நாரர்களின் குறுக்கு வரிகள்
3. மயோ இழையின் கருப்பு மற்றும் வெள்ளை பட்டைகள்
4. சார்க்கோமியரின் பட்டைகளின் அமைப்பு

I - I பட்டை A - A பட்டை H - H பட்டை Z - Z

கோடு

5. பட்டைப் பகுதிகளின் குறுக்கு வெட்டுத் தோற்றங்கள்

70  
மயோ இழையின் அமைப்பை எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கி யின் மூலம் ஆராயும்போது அது இரு வகையான நுண்ணிழைக ளைக் கொண்டிருப்பது தெரிகின்றது. இவை 150Å விட்டம் கொண்ட கனமான நுண்ணிழைகள் மற்றும் 70Å விட்டம் கொண்ட மெல்லிய நுண்ணிழைகள். கனமான நுண்ணிழை கள் A -பட்டையில் மட்டும் காணப்படுகின்றன. மெல்லிய நுண் ணிழைகள் I - பட்டையிலும் A - பட்டையின் ஓரங்களிலும் அமைந்திருக்கின்றன. ஆனால் A - பட்டையின் மையப் பகுதி யில் இம்மெல்லிய இழைகள் இல்லை. இவ்விழைகள் அற்ற A - பட்டையின் மையப் பகுதி H - பகுதி எனப்படுகின்றது.

கனமான நுண்ணிழைகள் மயோசின் என்ற புரோட்டீனால் ஆனவை. மெல்லிய நுண்ணிழைகள் ஆக்டின், டிரோப்போ மயோ சின் மற்றும் டிரோபோனின் ஆகிய புரோட்டீன்களால் ஆனவை. கனமான மற்றும் மெல்லிய இழைகளை குறுக்குப் பாலங்கள் சீரான இடைவெளிகளில் இணைக்கின்றன. இவ்விடைவெளி 130Å ஆக இருக்கின்றது. இக் குறுக்குப் பாலங்கள் கனத்த இழை களிலிருந்து வெளிப்படுகின்றன.

### வரியற்ற தசை

வரியற்ற அல்லது வழவழப்பான தசை, மையத்தில் அகன் றும் முனைகளில் ஒடுங்கியும் நூற்கண்டு போன்ற அமைப்புடைய ஒற்றைத் தசைச் செல்களால் ஆனது. மையத்தில் அமைந்த ஒரே ஒரு உட்கருவைக் கொண்டிருக்கின்றது. இத்தசைச் செல்லின் நீளம் 50 முதல் 300 μm வரையும், விட்டம் 5 முதல் 50 μm வரையும் வேறுபடுகின்றன. வரியற்ற தசைகள்; உட்புற உறுப்புக் களான உணவுப்பாதை, சுவாசப் பாதைகள், தமனிகள், சிரைகள், சிறுநீர்ப் பை போன்றவற்றின் சுவர்களில் அமைந்துள்ளன. மயோ இழைகள் சார்க்கோபிளாசத்தில் அமைந்துள்ளன. இவை ஆக்டின் மற்றும் மயோசின் புரோட்டீன்களால் ஆனவை.

முதுகெலும்பற்ற உயிரிகளில் உள்ள வரியற்ற தசைகளில் பாராமயோசின் இழைகள் காணப்படுகின்றன. எ.கா. மெல்லுடலி களின் அடக்டார் தசைகள்.

## இதயத் தசைகள்

இவை இதயத்தின் சுவர்களில் மட்டுமே காணப்படுகின்றன. இவை குறுக்கு வரிகளையும் ஒரேயொரு உட்கருவையும் கொண்ட தசைச் செல்களால் ஆனவை. இதயத் தசைகள் இருவகையான சிறப்படைந்த தசைகளாக இருக்கின்றன. அவை: 1. சுருங்கி விரிந்து சீரான இதயத்துடிப்பை ஏற்படுத்தும் தசைகள். 2. தூண்டலைக் கடத்தும் சிறப்படைந்த பர்கன்ஜி இழைகள், சைனு ஏட்ரியல் முடிச்சு மற்றும் ஏட்ரியோ வென்ட்ரிகுலார் முடிச்சுக்கள் ஆகிய சுருங்கும் இதயத் தசைகள்.

முதுகெலும்பு உயிரிகளில் உள்ள இதயத் தசைச் செல்கள் குறுக்கு வரிகளைக் கொண்டிருக்கின்றன. மேலும் பல கிளைகளாகப் பிரிந்து புரோட்டோபிளாச இழைகளினால் இணைக்கப்பட்டு சின்சைட்டிய வலையமைப்பைப் பெற்றிருக்கின்றன.

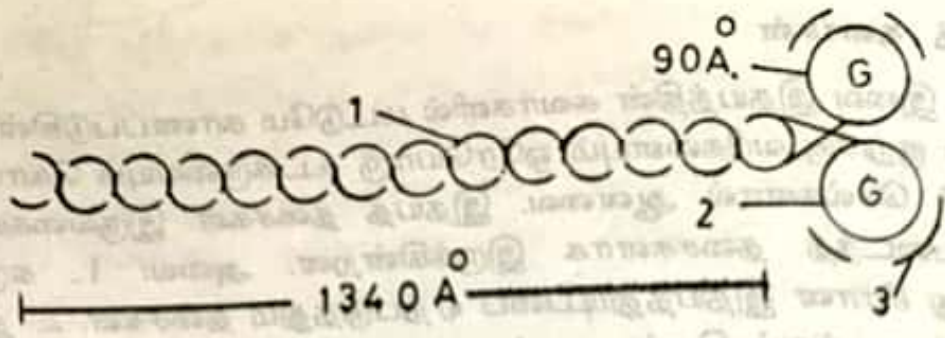
இதயத் தசைச் செல்களுக்கிடையே, இடைகாலேட்டித் தட்டுக்கள் (Inter - Calated discs) காணப்படுகின்றன. இவை செல்களின் வரம்பைக் குறிப்பதோடல்லாமல் தூண்டலைக் கடத்துவதிலும் முக்கியப் பங்கேற்கின்றன. ஒரு இதயத் தசைச் செல்லிலிருந்து மற்றொரு இதயத் தசைச் செல்லுக்கு மின் தூண்டல் அலை, இடை - காலேட்டித் தட்டுக்கள் வழியே கடத்தப்படுகின்றன. இதற்கு இத்தட்டின் சிறப்படைந்த ஒரு பகுதியான நிக்சஸ் (nexus) உதவுகின்றது.

இதயத் தசையில் மயோகுளோவின் இருக்கின்றது. இது டைவசு சேமித்து வைத்துக்கொள்ள பயன்படுத்தப்படுகின்றது. இதயத் தசைகளைத் தானியங்கு நரம்பு மண்டலம் கட்டுப்படுத்துகின்றது.

**வரித்தசை அல்லது எலும்புத் தசையின் வேதியக் கூட்டமைப்பு**

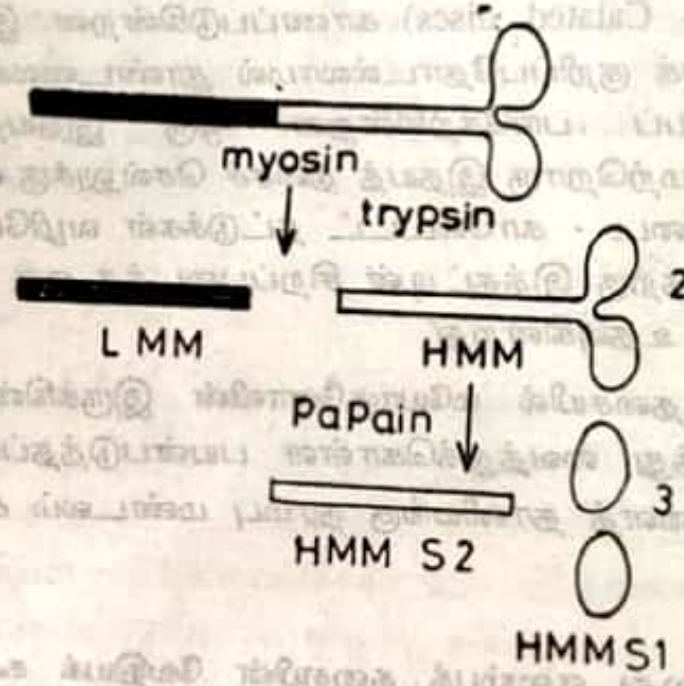
தசை நார்களில் நீர் 75%, புரோட்டீன்கள் 20% மற்றும் கார்போஹைட்ரேட்டுகள், கனிம உப்புக்கள் ஆகியவை 5% காணப்படுகின்றன.

நீர் - தசையில் காணப்படும் 75% நீர் தசைச் சுருக்கத்தில் முக்கிய பங்கேற்கின்றது. நீர் தசை நார்களின் இடைவெளிகளில் காணப்படுகின்றது. இது தசைநார்களை உலர்ந்து போகாமல் பாதுகாக்கின்றது. மேலும் தசை நார்களின் ஊடுபரவல் ஒழுங்கு பாட்டிற்குப் பெரிதும் உதவுகின்றது.



படம் - 93 - மயோசின் மூலக்கூறின் அமைப்பு

1.  $\alpha$  ஹெலிக்ஸ்பகுதி
2. குளாபுலார் பகுதி
3. இலேசான சங்கிலி



படம் - 94 - மயோசின், நொதிகளினால் பிளவுறுதல்

1. மயோசின் மூலக்கூறு
2. இலேசான மீரோமயோசின் (LMM) மற்றும் கனமான மீரோமயோசின் (HMM)
3. கனமான மீரோமயோசினின் S1 மற்றும் S2 பகுதிகள் Trypsin டிரிப்சின் papain - பாப்பாயன்

தசைப் புரோட்டீன்கள் - இவை சுருங்கும் திறனைத் தசை களுக்கு அளிக்கின்றன. கனமான மயோஇழைகளில் மயோசின் என்னும் புரோட்டீனும் மெல்லிய மயோ இழைகளில் ஆக்டின், டிரோப்போ மயோசின் மற்றும் டிரோபோனின் ஆகிய புரோட்டீன்களும் இருக்கின்றன.

### மயோசின்

இது ஒரு குளாபின். இது தசைகளில் மிக அதிக அளவு காணப்படுகின்றது. இது மூன்று முக்கிய உடற் செயலியச் செயல்களைச் செய்கின்றன. அவை:

1. உடற்செயலிய pH மற்றும் அயான் அடர்வில், மயோசின் மூலக்கூறுகள் தாங்களாகவே இழைகளாக உருவாகின்றன. தசை நாரில் உள்ள கனமான இழைகள், மயோசின் மூலக்கூறுகள் இவ்வாறு இணைந்து தோன்றுகின்றன.

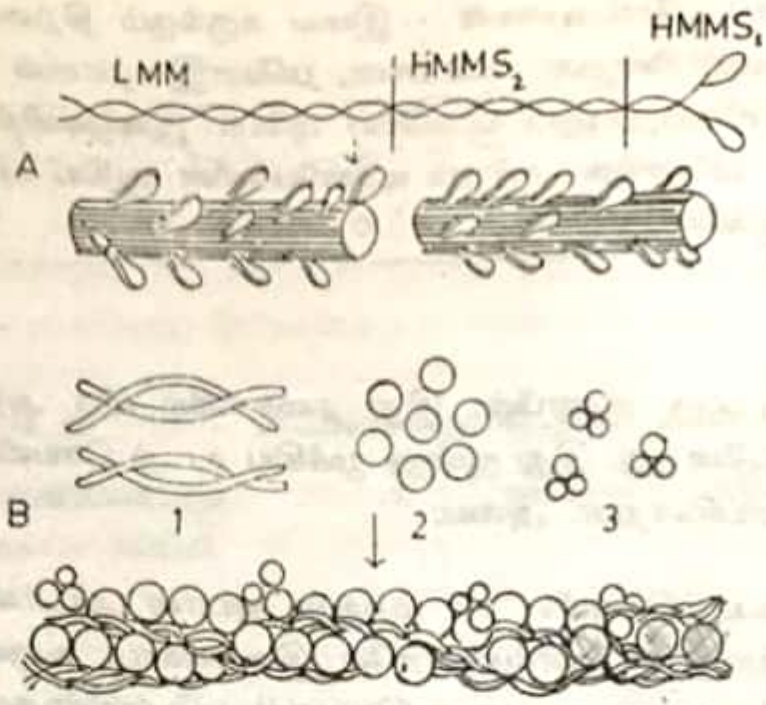
2. மயோசின் ஒரு நொதி. வால்டிமர் மற்றும் மிலிட்சா (1939) என்பவர்கள் மயோசின் ஒரு ATPயேஸ் என்று கண்டறிந்துள்ளனர்.

3. மயோசின், ஆக்டின் மூலக்கூறுகள் இணைந்து மெல்லிய இழைகள் தோன்றுவதை ஊக்குவிக்கின்றது.

மயோசின், 500,000 டால்டன்கள் மூலக்கூறு எடையுடைய பெரிய சமச்சீரற்ற சிக்கலான மூலக்கூறு. இதில் ஒரே அச்சாக உள்ள இரு பாலிபெப்டைட் சங்கிலிகளும், நான்கு இலேசான பாலிபெப்டைட் சங்கிலிகளும், காணப்படுகின்றன. மயோசின் மூலக்கூறு இரு பகுதிகளினால் ஆனது. 1. இரட்டைத் தலைப்பகுதி - இது 90Å விட்டமுள்ள உருண்டையாக இருக்கிறது. 2. இழைப் பகுதி - இது 1340Å நீளமுள்ள பாலிபெப்டைட் இரட்டை இழைகள்,  $\alpha$ - திருகு சுழல் வடம் போல் அமைந்துள்ள பகுதி.

ஆன்ட்ரு சென்ட் கியார்கி (1953), மயோசின் மூலக்கூறை, டிரிப்சின் நொதி, இலேசான மீரோமயோசின் (Light meromyosin-LMM) மற்றும் கனத்த மீரோமயோசின் (Heavy meromyosin-HMM) என்ற இரு துண்டுகளாகப் பிரிக்கின்றதெனக் காட்டியுள்ளார்.





படம் - 95 - மயோ இழைகளின் அமைப்புகள்

- |   |                |    |                    |
|---|----------------|----|--------------------|
| A | கனமான மயோ இழை  | 1. | டிரோபோமயோசின்      |
| B | இலேசான மயோ இழை | 2. | $\alpha$ - ஆக்டின் |
|   |                | 3. | டிரோபோனின்         |

இலேசான மீரோமயோசின், இழைகளாக உருவாகின்றன. இவற்றில் ATPயேஸ் செயல் இல்லை. மேலும் ஆக்டின் மூலக்கூறுகளோடு இணைவதில்லை. இது தன் 850Å நீளம் முழுவதும் இரட்டை இழை  $\alpha$ - திருகு சுருள் வடமாக இருக்கின்றது.

கனத்த மீரோமயோசின் ATPயை நீராற் பகுக்கின்றது. ஆக்டின் மூலக்கூறுகளோடு பிணைந்து கொள்கின்றது. ஆனால், இழைகளாக உருவாவதில்லை. இதில் இரட்டைத் தலை உருண்டைப் பகுதி இணைந்துள்ளது. பாப்பாரின், கனத்த மீரோமயோசின் S<sub>1</sub> துணைக்கூறு மற்றும் S<sub>2</sub> துணைக் கூறு களாகப் பிரிக்கின்றது.

S<sub>1</sub> துணைக்கூறு ATPயேஸ் நொதியையும் ஆக்டின் மூலக்கூறு இணையும் பகுதியையும் கொண்டிருக்கின்றது.

## ஆக்டிவ்

ஆக்டிவ், மெல்லிய இழைகளின் முக்கிய ஆக்கக் கூறாக இருக்கின்றது. மூலக்கூறு எடை 42,000 டால்டன்களாக இருக்கின்றது. குறைவான அயான்கள் அடர்வு கொண்ட திரவத்தில் ஆக்டிவ்,  $\alpha$ -ஆக்டிவ் மோனோமராக இருக்கின்றது. அயான்களின் அடர்த்தி அதிகரிக்கும்போது மோனோமர்கள் இணைந்து இழை உருவில் உள்ள F - ஆக்டிவாக மாறுகின்றது. F-ஆக்டிவ் ஒரு இரட்டை இழை திருகு சுருளாக எலக்ட்ரான் நுண்ணோக்கியில் தோன்றுகின்றது.

## ட்ரோபோமயோசின்

இது 64,000 டால்டன் மூலக்கூறு எடை உடையது. இது இரு 40  $\mu$ m நீளமான பாலிபெப்டைட் இழைகளாக, ஆக்டிவ் இரட்டைத் திருகு சுருளின் பள்ளங்களில் அமைந்திருக்கின்றது.

## ட்ரோபோனின்

ட்ரோபோனின் 3 பாலிபெப்டைட் சங்கிலிகளினால் ஆன சிக்கலான மூலக் கூறு. அவை: TpC, TpL மற்றும் TpT. TpC - இது  $Ca^{+}$  யைப் பிணைக்கும் பாலிபெப்டைட் Tpl - இது ATPயேஸ் செயலைத் தடுக்கும் பாலிபெப்டைட் Tpl - இது ட்ரோபோமைசின்னப் பிணைக்கும் துணைக் கூறு. ட்ரோபோனின், ஒவ்வொரு ஏழு  $\alpha$  ஆக்டிவ்களையும் ட்ரோபோமயோசினோடு பிணைக்கின்றது. இதன் செயலை  $Ca^{2+}$  கட்டுப்படுத்துகின்றது.

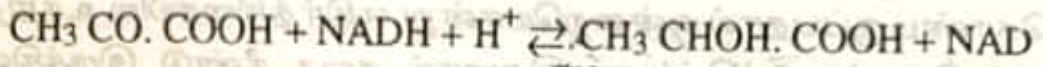
கனிம அயான்கள் - பொட்டாசியம் மற்றும் சோடியம் அயான்கள் தசைகளில் இருக்கின்றன. இவை செயல் மின் அழுத்த அளவை உருவாக்க மிக அவசியமானவை. தாமிரம், மாக்னீசியம், பாஸ்பரஸ், கால்சியம் அயான்களும் சிறிதளவு இருக்கின்றன.

கரிமக் கூட்டுப் பொருட்கள் - கிளைக்கோஜன், லிப்பிட்கள், ஸ்டீராய்ட்கள், புரோட்டீன் அல்லாத நைட்ரஜன் கூட்டுப் பொருட்களான ATP, கிரியாட்டின், பாஸ்போகிரியாட்டின் மற்றும் யூரியா போன்ற கரிமக் கூட்டுப் பொருட்கள் தசைகளில் இருக்கின்றன.

ATP மூலக்கூறு, தசைப் புரோட்டீன்களான ஆக்மின், மற்றும் மயோசினோடு இணைந்து ஆக்டோமயோசின் - ATP கூட்டுப் பொருளாகின்றது.

### 3. லாக்டிக் அமிலம் உருவாக்கம்

வேகமாகச் செயலாற்றிக் கொண்டிருக்கும் சமயங்களில், ஒரு தசை தொடர்ந்து நீண்ட நேரம் O<sub>2</sub> இல்லாத நிலையில் கூட சுருங்கி இருக்க முடியும். இச் சமயங்களில் பைரூவிக் அமிலம்; CO<sub>2</sub> மற்றும் H<sub>2</sub>O ஆக உடைக்கப்படுவதற்குப் பதிலாக லாக்டிக் அமிலமாக மாற்றப்படுகின்றது.



இவ்வாறு தோன்றிய லாக்டிக் அமிலம் குருதியின் மூலம் கல்லீரலுக்கு எடுத்துச் செல்லப்படுகின்றது. கல்லீரலில் லாக்டிக் அமிலம் கிளைக்கோஜனாக மாற்றப்பட்டு, பின் குளுக்கோசாக குருதியில் வெளியிடப்படுகின்றது. இக் குளுக்கோஸ் தசைகளை அடைந்து மீண்டும் கிளைக்கோஜனாக மாற்றப்பட்டு சேமித்து வைக்கப்படுகின்றது.



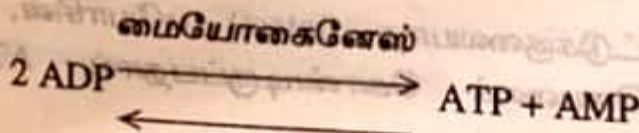
லாக்டிக் அமிலம்

கிளைக்கோஜன்

கிளைக்கோஜன், லாக்டிக் அமிலமாக மாற்றப்பட்டு மீண்டும் கிளைக்கோஜனாக மாற்றப்படும் செயல் கோரி சுழற்சி (cori cycle) எனப்படுகின்றது. இச் சுழற்சியின்போதும் ATP மூலக்கூறுகள் உருவாக்கம் நடைபெறுகின்றது.

### 4. தசைகளில் மயோகைனேஸ் செயல்

தசைகளுக்குத் தேவையான ATP மயோகைனேஸ் நொதியின் மூலமும் கிடைக்கிறது. மயோகைனேஸ் நொதி, ஒரு உயர்ந்த சக்தி பாஸ்பேட்டை ஒரு ADP மூலக்கூறிலிருந்து மற்றொரு ADP மூலக்கூறுக்கு மாற்றி அதனை ATPயாக மாற்றுகின்றது.



தசை சுருக்கம் நடைபெறும் விதம் - உயிர் இயற்பியல் நிகழ்ச்சிகள்

தசை சுருக்கம் நடைபெறும் விதத்தை H. ஹக்ஸ்லி மற்றும் FA. ஹக்ஸ்லி (1965) என்பவர்கள் சற்றுக்கும் இழைக் கோட்பாட்டின் மூலம் தெளிவாக விளக்கியுள்ளனர். இவர்கள் சுருத்துப் படி, மெல்லிய இழைகள் A மற்றும் H பட்டைகளினுள் சற்றுக்குவதால், சார்க்கோமியர் சுருங்குகின்றது.

I. சுருங்கும் நிகழ்ச்சி - ஒரு தசை ஓய்வு நிலையில் இருக்கும் போது; ஆக்ட்டோமயோசின் - ATP கூட்டுப் பொருளில் உள்ள ஆக்டின் மற்றும் மயோசின் கூறுகள் ஒரே மின் திறன் கொண்டிருப்பதால் ஒன்றையொன்று எதிர்த்திசையில் உந்தித் தள்ளிக் கொண்டிருக்கின்றன. இதனால் தசை நீண்டு இருக்கின்றது. தசைச் சுருக்கம் பல படிநிலைகளில் நடைபெறுகின்றது.

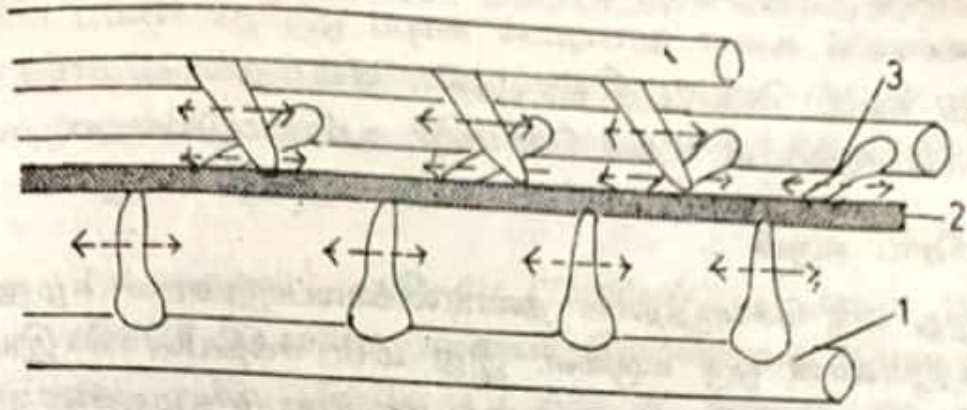
நிலை 1 - ஒரு நரம்புத் தூண்டல், நரம்பு - தசை சந்திப்பை அடையும்போது, தசை நாரின் சார்க்கோமெம்மாவில் மின் முனைப்பியக்கம் நீக்கப்படுகின்றது (depolarised). இம் மின் முனைப்பியக்கம் நீக்கம் தசை நாரின் உப்புறத்தில் உள்ள சார்க்கோபிளாச வலைக்குக் கடத்தப்படுகின்றது. ஓய்வு நிலையில் தசைநார் இருக்கும் போது, சார்க்கோபிளாச வலையில் கால்சியம் அயான்கள் ஒட்டிக்கொண்டு காணப்படுகின்றன.

நிலை 2 - நரம்புத் தூண்டல் சார்க்கோபிளாச வலையை அடைந்தவுடன், கால்சியம் அயான்கள் அவ்வலையிலிருந்து விடுவிக்கப்படுகின்றன.

நிலை 3 - விடுவிக்கப்பட்ட கால்சியம் அயான்கள்  $Ca^{2+}$  துணைக் கூறுகளுடன் பிணைந்து ட்ரோபோனின் - கூட்டமைவாகின்றன. இதனால் ட்ரோபோனினின் வடிவைப்பில் மாற்றம் ஏற்படுகின்றது. இவ்வடிவமைப்பு மாற்றம், ட்ரோபோமயோசின் மற்றும் ஆக்டின் மூலக்கூறுகளிலும் ஏற்படுகின்றது. இம் மூலக்கூறுகளில் ஏற்படும் வடிவமைப்பு மாற்றங்கள் ஆக்டின், மயோசினோடு செயல்புரிந்து சுருக்கத்தைத் தோற்றுவிக்க அனுமதிக்கின்றது.

நிலை 4 - கட்டுக்குலையாத (intact) மயோசின், ATP யேஸ் நொதியின் செயலைக் கொண்டிருப்பதால், ATPயை

ADPயாக நீராற் பகுக்கின்றது. இச் செயலினால் வெளிப்படும் சக்தி தசைச் சுருக்கச் செயலுக்குத் தேவைப்படுகின்றது.



படம் - 96 - தசை இழைகளின் குறுக்குப் பாலங்கள் அமைந்துள்ள விதம்

1 - மயோசின்

2 - ஆக்டின்

3 - குறுக்குப் பாலம்

கனமான மயோ இழைகளில் உள்ள குறுக்குப் பாலங்கள்; கொக்கிகள் மற்றும் நெம்புகோல்கள் போல் செயல்பட்டு அடுத்த தமைந்துள்ள ஆக்டின் இழைகளின் இழுப்பு விசையைத் (tension) தோற்றுவிக்கின்றன. குறுக்குப் பாலங்களின் ஒரு வழிப் பற்சக்கரம் (ratchet) போன்ற செயல், அடுத்தமைந்த ஆக்டின் இழை, மயோசின் இழையின் மேல் முழு நீளத்திற்கும் சறுக்கச் செய்கின்றது. இதன் விளைவாகத் தசைச் சுருக்கம் ஏற்படுகின்றது.

## II தசை விரிதல்

நரம்புத் தூண்டல் நிறுத்தப்பட்டவுடன், தசை சுருங்குவதும் நிறுத்தப்படுகின்றது. தசை ஓய்வு நிலையை அடைகின்றது. ஒவ்வொரு தசை நாரும் அதன் படலத்தில் 80 mV மின் அழுத்த அளவை உருவாக்கிக் கொள்கின்றது. தசை நாரின் உட்புறம் எதிர் மின்திறன் உடையதாகின்றது. சார்க்கோபிளாச வலையில் கால்சியம் அயான்கள் அடர்வு அதிகரிக்கின்றது. சார்க்கோபிளாசத்திலிருந்து கால்சியம் அயான்கள் செயல்மிகு கடத்தலின் மூலம் சார்க்கோபிளாச வலையில் மீண்டும் அமர்த்தப்படுகின்றன. கால்சியம் அயான்கள் குறைவதினால், மையோசினின் ATPயேஸ் செயல் தடை செய்யப்படுகின்றது. இதன் விளைவாக ஓய்வு நிலை மீண்டும் நிலைப்படுத்தப்படுகின்றது.

## வரித்தசையின் இயற்பியல் பண்புகள்

**இயக்கக் கூறு (Motor unit)** - ஒரு ஒற்றை நரம்பு இழை கொண்ட ஒரு தொகுப்பான வரித்தசை நார்கள், ஒரு இயக்கக் கூறு எனப்படுகின்றது. முதுகெலும்பு உயிரிகளில் ஒரு தசையில் நூற்றுக்கணக்கான இயக்கக் கூறுகள் அமைந்திருக்கின்றன.

**உண்டு இல்லை விதி (All or none law)** - தேவையான அளவு வலிமையுடன் கொடுக்கப்பட்டால்ன்றி தூண்டலை ஏற்று தசைநார் எதிர்ச் செயலாற்றுவதில்லை. ஆனால் அவசியமான குறைந்த வலிமையுடன் கொடுக்கப்பட்டாலும் ஏற்றுக்கொள்கின்றது. தூண்டலைத் தசைநார் ஏற்றுக்கொண்டபின், அதற்கு உச்ச வேகத்தில் எதிர்ச் செயலாற்றுகின்றது.

**அவசியமான அளவு வலிமை (Threshold Strength)** - ஒரு இயக்கக் கூறு தூண்டப்படுவதற்கு, கொடுக்கப்படும் தூண்டல் அவசியமான அளவு வலிமையைக் கொண்டிருக்க வேண்டும்.

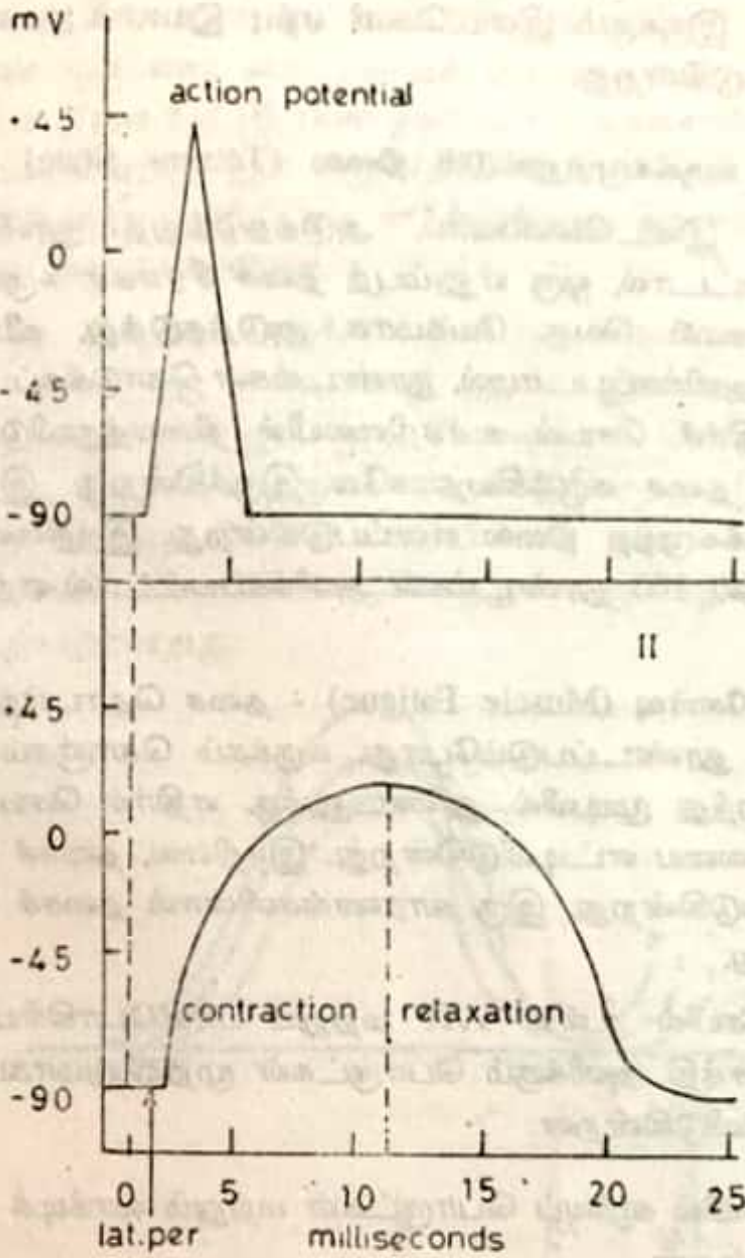
### தசைத் துடிப்பு (Muscle Twitch)

ஒரு குறுகிய ஒற்றைத் தூண்டலுக்குத் தசை புரியும் எதிர்ச் செயல் தசைத் துடிப்பு எனப்படுகின்றது. ஒரு தசைத் துடிப்பில் 3 பகுதிகள் காணப்படுகின்றன. அவை:

1. **இயக்கமில்லாத இடைவெளி (latent period)** - தூண்டப்பட்டவுடன், தசை சுருக்கம் துவங்குமுன் 0.01 வினாடி ஒரு இயக்கமற்ற இடைவெளி நிலவுகின்றது. இது இயக்கமில்லாத இடைவெளி எனப்படுகின்றது.

2. **சுருங்கிய நிலை** - இது 0.04 வினாடிகள் நிலைக்கின்றது. இந்நிலையில் தசை நாரின்மேல் செயல் மின் அழுத்த அளவு (action potential) கடந்து செல்கின்றது.

3. **விரியும் நிலை** - இது 0.05 வினாடிகள் நடைபெறுகின்றது. இந்நிலையில் தசைநார் படிப்படியாக தன் பழைய நிலைக்குத் திரும்புகின்றது.



படம் - 98 - எலும்புத்தசையின் ஒற்றைத் தூண்டல் எதிர் செயல்

I செயல் மின் அழுத்த அளவு

II Contraction - சுருங்குதல் Relaxation - விரிதல் lat. Per. : இயக்க மில்லாத இடைவெளி

ஏற்பு இயலாக் கால இடைவெளி (Refractory period)

ஒரு தூண்டல் தசை நாரில் கடத்தப்பட்டுக் கொண்டிருக்கும் போது, மற்றொரு தூண்டலைக் கொண்டு அதனை மீண்டும்

தூண்ட இயலாது. இவ்வாறு இரண்டாம் தூண்டலை ஏற்றுக் கொள்ளாமல் இருக்கும் இடைவெளி ஏற்பு இயலாக் கால இடை வெளி எனப்படுகின்றது.

முழுமையாக சுருக்கமுற்றுவிடும் நிலை (Tetanus State)

சீரான இடைவெளிகளில், அடுத்தடுத்துத் தூண்டல்கள் கொடுக்கப் பட்டால், ஒரு எலும்புத் தசை சீராகச் சுருங்கி விரி கின்றது. ஆனால் வெகு வேகமாக அடுத்தடுத்து, விரிவதற்கு இடைவெளி அளிக்கப்படாமல், தூண்டல்கள் கொடுக்கப்பட்டால் தசையின் எதிர்ச் செயல் உச்சநிலையில் நிலைத்துவிடுகின்றது. இந்நிலையில் தசை சுருங்கியதாகவே இருக்கின்றது. இது முழு மையான சுருக்கமுற்ற நிலை எனப்படுகின்றது. இந்நிலை வினா டிக்கு 50 முதல் 100 தூண்டல்கள் அளிக்கப்பட்டால் ஏற்படுகின்றது.

தசைச் சோர்வு (Muscle Fatigue) - தசை தொடர்ந்து மீண்டும் மீண்டும் தூண்டப்படும்போது, சுருக்கம் கொஞ்சம் கொஞ்சமாகக் குறைந்து முடிவில் தூண்டலுக்கு, எதிர்ச் செயல் புரிய இயலாத நிலையை எட்டிவிடுகின்றது. இந்நிலை, தசைச் சோர்வு நிலை எனப்படுகின்றது. இரு காரணங்களினால் தசைச் சோர்வு ஏற்படுகின்றது.

1. தசையில் உள்ள ATP மற்றும் பாஸ்போகிரியாட்டின் ஆகிய உயர் சக்தி அளிக்கும் பொருட்கள் முற்றிலுமாகப் பயன்படுத்தப்பட்டுவிடுகின்றன.

2. தசையில் கழிவுப் பொருட்கள் மற்றும் லாக்டிக் அமிலம் குவிந்துவிடுகின்றன.

மாடிப்படி ஒத்த செயல் - (Staircase phenomenon or treppe)

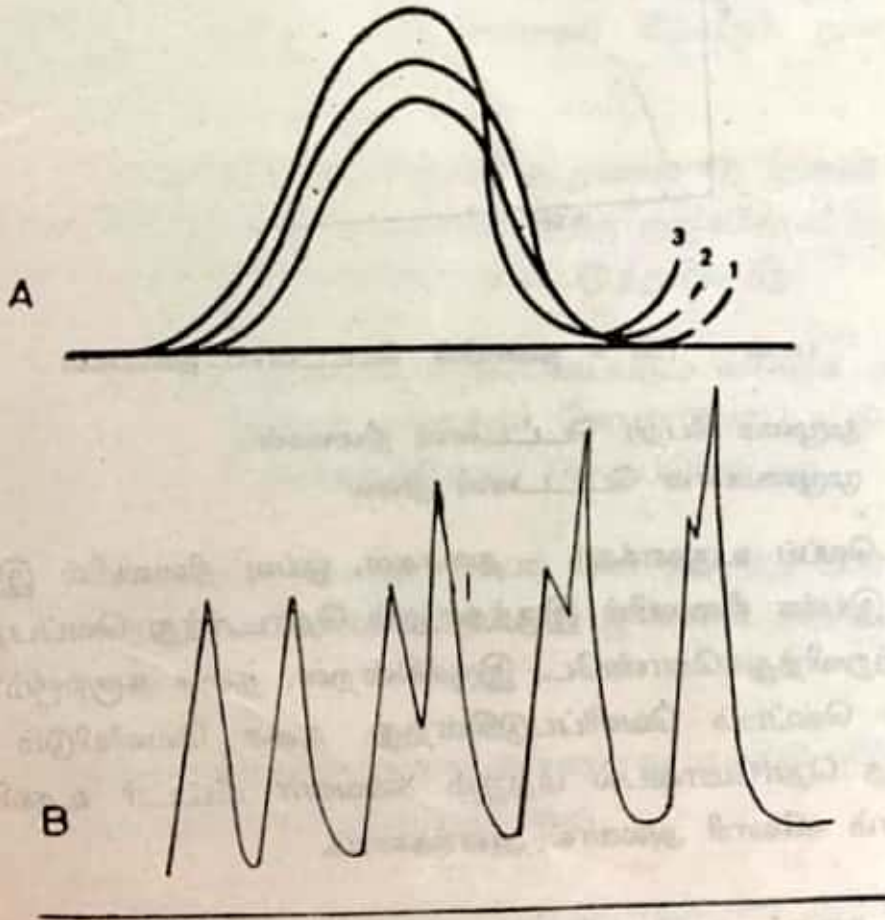
ஒர் தசை குறிப்பிட்ட கால இடைவெளிகளில் அடுத்தடுத்துத் தூண்டப்படும்போது முதல் நான்கு அல்லது ஐந்து சுருக்கங்களின் வீச்சுக்கள், கொஞ்சம் கொஞ்சமாக மாடிப்படி போன்று உயர்கின்றது. இதற்கு மாடிப்படி ஒத்த செயல் என்று பெயர். இது தசையின் வெப்பம், கிளைக்கோஜன் சேமிப்பு ஆகிய உள்ளார்ந்த காரணிகளைச் சார்ந்து இருக்கின்றது.

தசைச் சுருக்கம் - தசைச் சுருக்கங்கள் பல வகைகளாகப் பிரிக்கப்பட்டுள்ளன. அவை:

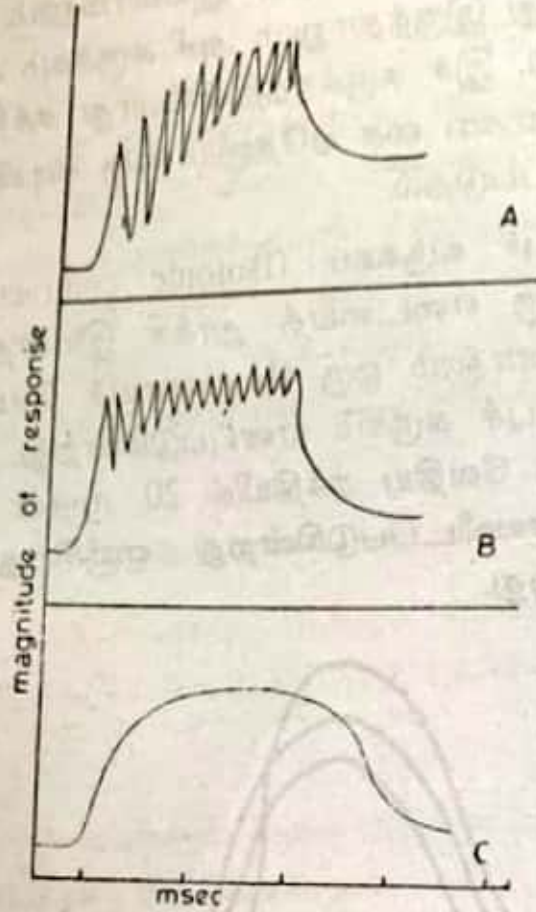


1. சமநீளச் சுருக்கம் (Isometric contraction) - தூண்டப்பட்ட தசை ஒரு எடையை நகர்த்த இயலாமலும், அதன் நீளம் குறையாமல் நிலைத்து இருந்தாலும் அச் சுருக்கம் சமநீளச் சுருக்கம் எனப்படுகின்றது. இச் சுருக்கத்தின்போது சக்தி வெப்பமாக வெளிப்படுகின்றது. எ.கா. கை ஏதேனும் ஒரு கடினமான பொருளின் மேல் அழுத்தப்படுதல்.

2. சம இழுப்புச் சுருக்கம் (Isotonic contraction) - தூண்டப்பட்ட தசை ஒரு எடையைத் தூக்க இயன்றாலும், தசை சுருங்கி குட்டையானாலும் ஒரு வேலையைச் செய்தாலும் அச் சுருக்கம் சம இழுப்புச் சுருக்கம் எனப்படுகின்றது. இச் சுருக்கத்தின்போது மொத்த வேதிய சக்தியில் 20 முதல் 25% வேலை செய்வதற்காகச் செலவிடப்படுகின்றது. எஞ்சியது வெப்பமாக வெளியிடப்படுகின்றது.



படம் - 99 - A - தசை டிராபி (treppe) அல்லது மாடிப்படி ஒத்த நிலை  
B - மொத்தக் சுருக்கம்



படம் - 100 - தசையின் பெட்டனஸ் நிலைகள்

A&B முழுமை பெறா பெட்டனஸ் நிலைகள்  
C முழுமையான பெட்டனஸ் நிலை

வெப்ப உருவாக்கம் - தசைகள், ஓய்வு நிலையில் இருந்தாலும் இயக்க நிலையில் இருந்தாலும் தொடர்ந்து வெப்பத்தைத் தோற்றுவித்துக்கொண்டே இருக்கின்றன. தசை சுருங்கும்போது அதிக வெப்பம் வெளிப்படுகின்றது. தசை வெளியிடும் வெப்பத்தை தெர்மோபைல் மற்றும் கல்வனா மீட்டர் உதவியுடன் கிரோம் கலோரி அலகால் அளக்கலாம்.

தசைச் சுருக்கத்தின்போது வெளிப்படும் வெப்பம் இரு நிலைகளில் வெளிப்படுகின்றன.

1. துவக்க வெப்பம் - இது இயக்கமில்லாத இடைவெளி மற்றும் தசை சுருங்கி இருக்கும் நிலைகளில் வெளிப்படுகின்றது.

2. காலங் கடந்து வெளிப்படும் வெப்பம் - இது தசை தளரும்போது வெளிப்படுகின்றது.

மொத்தக் கூடுதல் (Summation) - ஒரு எலும்புத் தசைக்கு ஒரு தூண்டல் கொடுக்கப்படும்போது அது ஒரு சுருக்கம் அடைகின்றது. அத்தசை சுருங்கிய நிலையில் இருக்கும் போதே மற்றொரு தூண்டல் அதற்குக் கொடுக்கப்பட்டால், அது கூடுதலாகச் சுருங்கி குட்டையாகின்றது. இரண்டாவது தூண்டல், முதல் தூண்டலுடன் சேர்ந்து அதிகமான சுருக்கத்தை உண்டாக்குகின்றது. இதற்கு மொத்தக்கூடுதல் விளைவு என்று பெயர்.

**இதயத் தசைச் சுருக்கம் நடைபெறும் விதம்**

எலும்புத் தசைச் சுருக்கம் நடைபெறும் விதத்திலிருந்து இதயத்தசைச் சுருக்கம் நடைபெறுதல் கீழ்வரும் முறைகளில் வேறுபடுகின்றது.

1. இதயத் தசை ATP மூலக் கூறுகளை  $O_2$  முன்னிலையில் உருவாக்குகின்றது. ATP உருவாக்கத்திற்கு குளுக்கோஸிற்குப் பதிலாக கொழுப்பு அமிலங்களைப் பயன்படுத்துகின்றது.

2. எலும்புத் தசையில் உருவாக்கப்படும் லாக்டிக் அமிலம், குருதியின் மூலம் இதயத் தசைக்குக் கொண்டுவரப்பட்டு அங்கு ATP மூலக் கூறு உருவாக்கத்திற்குப் பயன்படுகின்றது.

3. சுருக்கத்தின் போது, செயல் மின் அழுத்த அளவு மற்றும் மின் முனைப்பியக்கத் திருப்பம் ஆகியவை அதிக நேரம் நீட்டிக்கின்றது.

4. இதயத் தசைகள் அலை அலையாகச் சுருங்கி விரிவதால் ஓய்வு நிலை, நிலையாக இருப்பதில்லை.

5. இதயத் தசை சுருங்கும் போது எந்த ஒரு தூண்டலையும் ஏற்றுக் கொள்ளாது. எனவே மொத்தக் கூடுதல், முழுமையாகச் சுருக்கமுற்றுவிடும் நிலை ஆகியவை ஏற்படுவதில்லை.

6. இதயத்தசையில் முழுமையான ஏற்பு இயலாக்கால இடைவெளி நீண்டதாக இருக்கின்றது.